

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/000189

International filing date: 11 January 2005 (11.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-006047
Filing date: 13 January 2004 (13.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

13.01.2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 1 3 日
Date of Application:

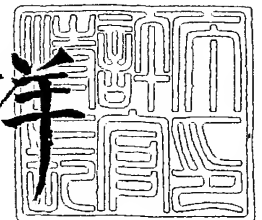
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 0 6 0 4 7
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 0 6 0 4 7]

出 願 人 三 菱 重 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 5 年 2 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号 出証特 2 0 0 5 - 3 0 1 1 4 2 9

【書類名】 特許願
【整理番号】 200301502
【提出日】 平成16年 1月13日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 B60L 11/02
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社神戸造船所内
 【氏名】 藤原 謙二
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社神戸造船所内
 【氏名】 小暮 孝敏
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区和田宮通 7 丁目 1 番 1 4 号 西菱エンジニアリング株式会社内
 【氏名】 馬場 功
【特許出願人】
 【識別番号】 000006208
 【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100102864
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 工藤 実
【選任した代理人】
 【識別番号】 100117617
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 中尾 圭策
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 053213
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0301691

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

エンジンと、
前記エンジンによって駆動される n 相発電機と、
前記 n 相発電機から送られる n 相交流電圧から直流電圧を生成する整流器と、
前記直流電圧によって充電されるバッテリーと、
駆動輪を駆動するモータと、
前記整流器から供給される前記直流電圧及び／又は前記バッテリーから供給される直流電圧を用いて前記モータを駆動するインバータと、
スイッチ
とを含み、
前記 n 相発電機は、それらの一端が共通の中性点に接続された n 個の電機子巻線を備え、
前記整流器は、
負極端子と、
前記負極端子よりも高い電位が発生される正極端子と、
 n 本の整流アーム
とを備え、
前記 n 本の整流アームのそれぞれは、
前記電機子巻線の他端に接続された中間ノードと前記負極端子との間に接続された第 1 ダイオードと、
前記中間ノードと前記正極端子との間に接続された第 2 ダイオード
とを具え、
前記スイッチは、前記中性点と前記負極端子との間に接続された
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記スイッチは、前記エンジンの回転数に応答して、前記中性点と前記負極端子とを電氣的に接続し、又は切り離す
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
更に、前記エンジンのエンジン回転数を制御する制御手段を含み、
前エンジン回転数が増加して第 1 回転数を越えようとするとき、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第 1 回転数より低い第 3 回転数まで下げ、前記スイッチは、前記中性点と前記負極端子とを電氣的に接続し、その後、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第 1 回転数よりも高い第 2 回転数に増加する
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記エンジン回転数が前記第 2 回転数より減少して前記第 1 回転数になろうとするとき、前記制御手段は、前記エンジンの回転数を前記第 1 回転数よりも低い第 4 回転数まで下げ、前記スイッチは、前記中性点と前記負極端子とを電氣的に切り離し、その後、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第 1 回転数まで上昇させる
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 5】

エンジンと、
前記エンジンによって駆動される 3 相発電機と、
前記 3 相発電機から送られる 3 相交流電圧から直流電圧を生成する整流器と、
前記直流電圧によって充電されるバッテリーと、

駆動輪を駆動するモータと、
前記整流器から供給される前記直流電圧、及び／又は前記バッテリーから供給される直流電圧を用いて前記モータを駆動するインバータと、
スターデルタ切り替え機構
とを含み、
前記 3 相発電機は、3 個の電機子巻線を備え、
前記スターデルタ切り替え機構は、前記電機子巻線を、スター結線とデルタ結線とのうちの一方の結線態様で接続する
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記スターデルタ切り替え機構は、前記エンジンの回転数に応答して、前記電機子巻線を、前記スター結線と前記デルタ結線とのうちの一方の結線態様で接続する
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記エンジンの回転数が増加して第 1 回転数を超えようとするとき、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第 1 回転数より低い第 3 回転数まで下げ、前記スターデルタ切り替え機構は、前記電機子巻線を前記デルタ結線で接続しその後、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第 1 回転数よりも高い第 2 回転数に増加する
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記エンジン回転数が前記第 2 回転数より減少して前記第 1 回転数になろうとするとき、前記制御手段は、前記エンジンの回転数を前記第 1 回転数よりも低い第 4 回転数まで下げ、前記スターデルタ切り替え機構は、前記電機子巻線を前記スター結線で接続し、その後、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第 1 回転数まで上昇させる
シリーズハイブリッド電気自動車。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記駆動輪と前記モータとはいずれも複数であり、
前記モータは、前記駆動輪をそれぞれに駆動し、
前記モータのそれぞれは、
対応する前記駆動輪に連結されたロータと、
同一円周上に等間隔に配置された複数のスロットを有するステータ
とを備え、
前記ロータは、
ロータ鉄心と、
界磁を構成する永久磁石
とを含み、
前記ロータは、前記ステータに対向するロータ側面を有し、
前記永久磁石は、前記ロータの半径方向の外側に磁極面を有し、
前記磁極面の上の点から前記ロータ側面の距離の最大値 x は、前記ロータ鉄心の半径 r と、前記界磁の極数 n_1 とを用いて表された下記式：
$$x \leq D / 10,$$
$$D = 2 \pi r / n_1$$

を満足する
シリーズハイブリッド電気自動車。

【書類名】明細書

【発明の名称】シリーズハイブリッド電気自動車

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリーズハイブリッド電気自動車に関し、特に、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率を向上するための技術に関する。

【背景技術】

【0002】

シリーズハイブリッド電気自動車とは、エンジンによって発電機を駆動し、該発電機からモータに電力を供給し、該モータで駆動輪を駆動する電気自動車である（特許文献1参照）。パラレルハイブリッド電気自動車とは異なり、シリーズハイブリッド電気自動車では、エンジンは発電に専用で使用され、エンジンが発生した動力は機械的には駆動輪に伝達されない。

【特許文献1】特開平4-322105号公報

【0003】

シリーズハイブリッド電気自動車の利点は、その理想的なエネルギー効率が高いことである。パラレルハイブリッド電気自動車は、エンジンとモータとの両方が機械的に駆動輪に接続されているため、その動力伝達機構が複雑である。複雑な動力伝達機構は、エネルギーの損失の原因となり得る。一方、シリーズハイブリッド電気自動車は、その動力伝達機構を単純化できる。動力伝達機構の単純化は、損失を最小に抑え、且つ、その重量を低減するために有効である。ゆえに、理想的なエネルギー効率という観点からは、シリーズハイブリッド電気自動車の方が優れている。

【0004】

上記のような利点を生かすためには、シリーズハイブリッド電気自動車は、そのエネルギー効率が究極的に向上される必要がある。エネルギー効率を低下させる機構の採用は、シリーズハイブリッド電気自動車の利点を失わせるため好ましくない。

【0005】

シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率の向上における第1のポイントは、発電系における損失である。発電系は、一般に、発電機と、該発電機が発生した交流電圧を直流電圧に変換するインバータとからなる。インバータは、スイッチングトランジスタで構成されるため、ある程度の損失が発生することは回避しがたい。典型的には、インバータの損失は、5%程度である。しかし、エネルギー効率が重視されるシリーズハイブリッド電気自動車では、インバータにおける5%の損失の発生は、重大な意味を持っている。

【0006】

第2のポイントは、駆動系の高効率化である。高いエネルギー効率が求められるシリーズハイブリッド電気自動車では、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構において発生する損失も無視できない。シリーズハイブリッド電気自動車は、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構における損失を回避できる駆動系を採用することが求められる。

【0007】

このような背景から、シリーズハイブリッド電気自動車は、エネルギー効率の向上、より具体的には、シリーズハイブリッド電気自動車の発電系及び駆動系の効率が一層に向上されることが望まれる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、全体としては、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率を向上することにある。

詳細には、本発明の一の目的は、シリーズハイブリッド電気自動車の発電系のエネルギー

一効率を向上することにある。

本発明の他の目的は、シリーズハイブリッド電気自動車の駆動系のエネルギー効率を向上することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

以下に、上記の目的を達成するための手段を説明する。その手段に含まれる技術的事項には、[特許請求の範囲]の記載と[発明を実施するための最良の形態]の記載との対応関係を明らかにするために、[発明を実施するための最良の形態]で使用される番号・符号が付加されている。但し、付加された番号・符号は、[特許請求の範囲]に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【0010】

本発明の一の観点において、シリーズハイブリッド電気自動車(1)は、エンジン(2)と、エンジン(2)によって駆動されるn相発電機(3)と、n相発電機(3)から送られるn相交流電圧から直流電圧を生成する整流器(4)と、生成された直流電圧によって充電されるバッテリー(5)と、駆動輪(9)を駆動するモータ(7)と、整流器(4)から供給される直流電圧、及び/又はバッテリー(5)から供給される直流電圧を用いてモータ(7)を駆動するインバータ(6)と、スイッチ(20)とを含む。n相発電機(3)は、それらの一端が共通の中性点に接続されたn個の電機子巻線(11)を備えている。整流器(4)は、負極端子(16)と、負極端子(16)よりも高い電位が発生される正極端子(15)と、n本の整流アーム(13)とを備えている。n本の整流アーム(13)のそれぞれは、電機子巻線(11)の他端に接続された中間ノード(19)と負極端子(16)との間に接続された第1ダイオード(18)と、中間ノード(19)と正極端子(15)との間に接続された第2ダイオード(17)とを具えている。スイッチ(20)は、中性点(12)と負極端子(16)との間に接続されている。

【0011】

当該シリーズハイブリッド電気自動車(1)では、n相発電機(3)が発生した交流電圧を直流電圧に変換するために、インバータではなく、整流器(4)が使用される。整流器(4)は、インバータよりも高い変換効率を有しているから、整流器(4)の使用は、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率を有効に向上する。

【0012】

ただし、整流器(4)は、その出力電圧を制御する機能を有していないから、整流器(4)の使用は、エンジン(2)の出力が大きくなったときに、整流器(4)の出力電圧、即ち、バッテリー(5)に印加される直流電圧の増大を招き得る。バッテリー(5)に印加される直流電圧が過剰に高くなることは、バッテリー(5)の劣化を招き得る。しかし、上記のシリーズハイブリッド電気自動車では、スイッチ(20)を設けることにより、整流器(4)の出力電圧を制御可能である。

【0013】

具体的には、スイッチ(20)は、エンジン(2)の回転数に応答して、中性点(12)と負極端子(16)とを電氣的に接続し、又は切り離す。好適には、スイッチ(20)は、エンジン(2)の回転数が増加して第1回転数より高い第2回転数においては、中性点(12)と負極端子(16)とを電氣的に接続する。エンジン(2)の回転数が減少して、第2回転数よりも小さい第1回転数になったとき、前記スイッチ(20)は、中性点(12)と負極端子(16)とを電氣的に開放する。これにより、エンジン(2)の回転数が増加したときに、整流器(4)の出力電圧が高くなりすぎることが防がれる。

【0014】

発電機及び整流器の相数が3である場合には、スイッチ(20)を設ける代わりに、3相発電機(3')の電機子巻線の結線をスター結線とデルタ結線との間で切り替えるスターデルタ切り替え機構(24, 25)が使用され得る。具体的には、スターデルタ切り替え機構(24, 25)は、エンジン(2)の回転数に応答して、電機子巻線を、スター結線とデルタ結線とのうちの一方の結線態様で接続する。好適には、スターデルタ切り替え

機構(24, 25)は、エンジン(2)の回転数が増加して第1回転数より高い第2回転数においては、電機子巻線をデルタ結線で接続する。且つ、エンジン(2)の回転数が減少して前記第1回転数よりも小さい第2回転数になったとき、電機子巻線をスター結線で接続する。これにより、エンジン(2)の回転数が増加したときに、整流器(4')の出力電圧が高くなりすぎることを防がれる。

【0015】

上述のシリーズハイブリッド電気自動車は、モータ(7)が複数用意されて、モータ(7)が駆動輪(9)をそれぞれに駆動する駆動系を採用することが好適である。かかる構成を有する駆動系は、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構を不要化し、その効率を高くすることができる。しかし、上記の構成を採用するためには、モータ(7)は、小型、且つ、出力トルクが大きいということを要求される。この要求を満足するためには、モータ(7)のそれぞれは、下記構成を有するIPMモータであることが好適である；当該IPMモータ(7)は、駆動輪(9)に連結されたロータ(32)と、同一円周上に等間隔に配置された複数のスロット(34)を有するステータ(31)とを備え、ロータ(32)は、ロータ鉄心(36)と、界磁(38)を構成する永久磁石(39, 40)とを含む。ロータ(32)は、ステータ(31)に対向するロータ側面(32a)を有し、永久磁石(39, 40)は、ロータ(32)の半径方向の外側に磁極面(39a, 40a)を有している。永久磁石(39, 40)は、ロータ(32)に浅く埋め込まれている。即ち、永久磁石(39, 40)の磁極面(39a, 40a)の上の点からロータ側面(32)の距離の最大値 x は、ロータ鉄心(36)の半径 r と、界磁(38)の極数 n_1 とを用いて表された下記式：

$$x \leq D/10,$$

$$D = 2\pi r/n_1,$$

を満足するように調整されている。かかる構成を有するIPMモータは、小型、且つ、出力トルクが大きいという要求を満足し、モータ(7)が駆動輪(9)をそれぞれに駆動する上記の駆動系の採用を可能にする。

【発明の効果】

【0016】

本発明により、シリーズハイブリッド電気自動車の発電系及び／又は駆動系の効率が向上され、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率が向上される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

実施の第1形態：

本発明の実施の第1形態では、図1に示されているように、シリーズハイブリッド電気自動車1は、エンジン2と5相発電機3と5相ダイオード整流器4とバッテリー5とを備えている。エンジン2の回転数は制御装置(図示されない)によって制御される。エンジン2は、5相発電機3に接続されている。5相発電機3は、エンジン2によって駆動されて5相交流電圧を発生し、発生した5相交流電圧を5相ダイオード整流器4に供給する。5相ダイオード整流器4は、5相交流電圧を整流して直流電圧を発生する。バッテリー5は、5相ダイオード整流器4が発生する直流電圧によって充電される。

【0018】

シリーズハイブリッド電気自動車1は、更に、駆動インバータ6とモータ7と減速ギア8と駆動輪9とを備えている。駆動インバータ6は、5相ダイオード整流器4及び／又はバッテリー5から供給される直流電力から多相電力を生成する。モータ7は、生成された多相電力によって駆動されて動力を発生する。発生された動力は、減速ギア8を介して駆動輪9に伝達される。

【0019】

(発電系の構成)

図2は、5相発電機3と5相ダイオード整流器4との構成を示す概略図である。5相発電機3は、エンジン2に連結されたロータ(図示されない)と、5つの電機子巻線111

～115 が設けられたステータとを備えている。電機子巻線 111 ～ 115 の一端は、中性点 12 に接続されている。5 相ダイオード整流器 4 は、5 つの整流アーム 131 ～ 135 を備えた 5 相全波整流回路である。5 つの整流アーム 131 ～ 135 は、正極端子 15 と負極端子 16 との間に並列に接続されている。正極端子 15 と負極端子 16 との間に、直流の出力電圧 V_o が生成され、生成された出力電圧 V_o が、バッテリー 5 及び駆動用インバータ 6 に供給される。出力電圧 V_o を安定化するために、正極端子 15 と負極端子 16 との間には平滑キャパシタ 14 が接続されている。各整流アーム 13i は、直列に接続された 2 つのダイオード 17i, 18i を備えている。ダイオード 17i のカソードは正極端子 15 に接続され、アノードは中間ノード 19i に接続されている。ダイオード 18i のカソードは中間ノード 19i に接続され、アノードは、負極端子 16 に接続されている。各整流アーム 13i の中間ノード 19i は、電機子巻線 11i の他端（中性点 12 と反対の端）に接続されている。

【0020】

5 相発電機 3 の中性点 12 と 5 相ダイオード整流器 4 の負極端子 16 との間には、短絡スイッチ 20 が設けられている。短絡スイッチ 20 がターンオンされると、中性点 12 は、負極端子 16 に電氣的に短絡される。

【0021】

本実施の形態のシリアルハイブリッド電気自動車の一つの特徴は、5 相ダイオード整流器 4 を使用することによって、スイッチングトランジスタで構成されたインバータを排除していることにある。既述の通り、スイッチングトランジスタで構成されたインバータは、典型的には、5 % の損失を有している。しかし、整流器の損失はインバータの損失よりも小さいから、整流器の使用を使用することにより、発電系の効率を有効に向上することができる。5 相ダイオード整流器では、通常、99 % の効率を得られる。

【0022】

しかし、5 相ダイオード整流器 4 自体には、出力電圧 V_o を調整する機能はない。これは、バッテリー 5 を充電する上で問題となり得る。シリアルハイブリッド電気自動車の速度を上げるためにエンジン 2 の回転数が上昇されると、5 相ダイオード整流器 4 の出力電圧 V_o も増加する。出力電圧 V_o が過度に上昇すると、バッテリー 5 が過充電され、バッテリー 5 の劣化を招き得る。

【0023】

出力電圧 V_o の過剰な上昇を防ぐために、既述の短絡スイッチ 20 は、エンジン 2 の回転数の上昇に応答してターンオンされる。短絡スイッチ 20 は、エンジン 2 の回転数が所定の第 1 回転数 n_1 を超えるとターンオンされ、中性点 12 と負極端子 16 とを電氣的に短絡する。中性点 12 と負極端子 16 とが短絡されると、5 相ダイオード整流器 4 は、5 相全波整流回路として動作する状態から、5 相半波整流回路として動作する状態に切り替えられる。これにより、出力電圧 V_o が低下される。

【0024】

より好適には、短絡スイッチ 20 のターンオンは、以下の手順で行われる；エンジン 2 の回転数が低いときには、短絡スイッチ 20 はターンオフされている。エンジン 2 の回転数を制御する制御装置によってエンジン 2 の回転数が第 1 回転数 n_1 を超えようとするのが検知されると、エンジン 2 の回転数は、制御装置によって第 2 回転数 n_3 まで減少される。この結果、5 相発電機 3 の出力電圧は、バッテリー 5 の電圧より低下される。これにより、5 相発電機 3 からバッテリー 5 及び駆動用インバータ 6 に、5 相発電機 3 から電力が供給されなくなる。このときには、駆動用インバータ 6 にはバッテリー 5 のみから電力が供給され、モータ 7 は、バッテリー 5 からの電力で駆動される。続いて、短絡スイッチ 20 がターンオンされ、更に、制御装置により、エンジン 2 の回転数が、第 1 回転数 n_1 を超えて第 2 回転数 n_2 ($> n_1$) まで増加される。この後、5 相発電機 3 は、再度、バッテリー 5 及び駆動用インバータ 6 に電力を供給する。この手順により、エンジン 2 の負荷が急激に変動することを避けることができる。

【0025】

一方、制御装置によってエンジン 2 の回転数が第 2 回転数 n_2 から減少して第 1 回転数 n_1 になろうとすることが検知されると、エンジン 2 の回転数は、第 1 回転数 n_1 よりも低い第 4 回転数 n_4 まで下げられる。続いて、短絡スイッチ 20 が、ターンオフされ、中性点 12 と負極端子 16 とが電氣的に切り離される。中性点 12 と負極端子 16 とが切り離されることにより、5 相ダイオード整流器 4 は、元の通り、5 相全波整流器として機能するようになる。この後、制御装置により、エンジン 2 の回転数は、第 4 回転数 n_4 から第 1 回転数 n_1 に増加される。この手順により、エンジン 2 の負荷が急激に変動することを避けることができる。また、短絡スイッチ 20 がバッテリー 5、および駆動用インバータ 6 に電力を供給する間にターンオフされることはなくなり、短絡スイッチ 20 には、遮断電流能力が必要なくなる。これは、短絡スイッチ 20 の小型化の点で好適である。また、短絡スイッチ 20 が電力を遮断することがないため、短絡スイッチ 20 の高寿命化を図ることができる。

【0026】

以上に説明されているように、本実施の形態の発電系では、インバータの代わりに 5 相ダイオード整流器 4 が使用され、これにより、エネルギー効率が向上されている。5 相ダイオード整流器 4 が、その出力電圧 V_o の調整機能を有しないという問題は、短絡スイッチ 20 を設けることによって回避されている。

【0027】

本実施の形態において、5 相発電機 4 及び 5 相ダイオード整流器 5 の代わりに、他の相数の発電機及びダイオード整流器、例えば、3 相発電機、及び 3 相ダイオード整流器が使用され得る。ただし、5 相発電機 4 及び 5 相ダイオード整流器 5 の使用は、エネルギー効率の向上のために有効である。

【0028】

(駆動系の構成)

図 1 に示されているように、本実施の形態では、駆動インバータ 6 とモータ 7 と減速ギア 8 とは、一の駆動輪 9 に対して一つずつ用意されている。モータ 7 の回転数は、当該シリーズハイブリッド電気自動車 1 が所望の速度で、所望の進行方向に走行するように決定される。かかる構成は、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構を不要化し、エネルギー効率を向上するために有効である。

【0029】

図 1 の構成を採用する上で要求されることは、モータ 7 が小型でありながら、その出力が十分に大きい必要があることである。自動車に求められる走行性能を達成するためには、モータ 7 は、十分に大きな出力を有していなくてはならない。しかし、シリーズハイブリッド電気自動車 1 では、モータ 7 を搭載するために用意されている空間は大きくないから、小型のモータ 7 しか搭載できない。モータ 7 は、これらの相反する要求を満足しなければならない。複数のモータ 7 が必要な図 1 の構成においては、モータ 7 の小型化は極めて重要である。

【0030】

かかる要求を満足するためには、モータ 7 として、図 3 に示されている 5 相 IPM モータが使用されることが好適である。5 相の IPM モータ 7 は、ステータ 31 とロータ 32 とを備えている。

【0031】

ステータ 31 は、電機子歯 33 を含む。電機子歯 33 は、同一円周上に等間隔に配置されている。隣接する 2 つの電機子歯 33 の間には、スロット 34 が形成されている。スロット 34 は、同一円周上に等間隔に配置されることになる。本実施の形態では、スロットの数 n_2 は、20 である。電機子歯 33 のそれぞれには、電機子コイル 35 が巻かれている。ステータ 31 の内側に回転磁界を発生するために、電機子コイル 35 には、5 相の電機子電流が供給される。

【0032】

ロータ 32 は、シャフト 36 とロータ鉄心 37 とを含む。シャフト 36 は、図示されな

い軸受によって回転可能に支持されている。シャフト 36 は、上述の減速ギア 8 に接続されている。ロータ鉄心 37 は、シャフト 36 に固定的に接合され、シャフト 36 と同体回転する。ロータ鉄心 37 は、珪素鋼板のような磁性材料で形成されている。

【0033】

ロータ鉄心 37 には、界磁磁石 38 が挿入されている。界磁磁石 38 のそれぞれは、ロータ 32 の界磁の一極を構成し、ロータ 32 の半径方向に磁力線を発生する。隣接する 2 つの界磁磁石 38 は、互いに逆の方向の磁力線を発生する、即ち、隣接する 2 つの界磁磁石 38 の極性は逆である。本実施の形態では、界磁磁石 38 の数、即ち、界磁の極数 n_1 は 22 である。

【0034】

図 4 に示されているように、界磁磁石 38 のそれぞれは、ロータ 32 の円周方向に並んだ同一極性を有する 2 つの永久磁石 39, 40 から構成されている。即ち、界磁の一極は、2 つの永久磁石 39, 40 から構成されている。永久磁石 39, 40 は、ロータ 32 の半径方向の外側に磁極面 39a, 40a を有し、半径方向の内側に磁極面 39b, 40b を有する。永久磁石 39, 40 が発生する磁力線は、磁極面 39a, 39b, 40a, 40b から半径方向に放射される。一の界磁磁石 38 に含まれる一組の永久磁石 39, 40 は、同一の方向に磁力線を発生する、即ち、同一の極性を有する。なお、一極の界磁磁石 38 を構成する永久磁石の数は、2 個には限定されない；1 個又は、3 個以上であることも可能である。

【0035】

ロータ鉄心 37 には、永久磁石 39, 40 の半径方向外側に位置する部分 17a (磁力線誘導部分 37a) が設けられる。この磁力線誘導部分 37a の存在は、リラクタンストルクを発生させ、更に、弱め界磁制御を可能にする点で重要である。磁力線誘導部分 37a の体積は、所望のリラクタンストルクが得られるように、且つ、弱め界磁制御が可能であるように選ばれる。

【0036】

一般的な IPM モータとは異なり、図 3 の IPM モータ 7 では、永久磁石 39, 40 のロータ側面 32a からの埋め込み深さ (即ち、半径方向外側の磁極面 39a, 40a の上の点からロータ側面 32a への距離) が浅い。定量的に表現すれば、永久磁石 39, 40 は、ロータ 32 の半径 r と極数 n_1 とを用いて、その埋め込み深さの最大値 x が、下記式

$$x \leq D / 10,$$

$$D = 2 \pi r / n_1,$$

を満足するような浅い位置に埋め込まれる。

【0037】

埋め込み深さが浅いことは、IPM モータ 7 から出力される出力トルクのうち、マグネットトルクの成分の割合を増大させる。図 3 の IPM モータ 7 は、一般的な IPM モータとは異なり、マグネットトルクが IPM モータ 7 の出力トルクの主成分であり、リラクタンストルクは、補助的な成分である。

【0038】

永久磁石 39, 40 の埋め込み深さが浅いことは、IPM モータ 7 の体積あたりの出力トルクを大きくするために重要である。永久磁石 39, 40 の埋め込み深さが浅いことは、横軸インダクタンスを低減させる。一般には、横軸インダクタンスの低減は、IPM モータの出力トルクを減少させるように思われるかもしれない。しかし、永久磁石 39, 40 の埋め込み深さが浅い場合には、これは正しくない。埋め込み深さが浅いことは、IPM モータ 7 の出力トルクのうちマグネットトルクによる成分が、リラクタンストルクによる成分よりも大きいことを意味する。このような場合、横軸インダクタンスの低減によるリラクタンストルクの減少の効果よりも、横軸インダクタンスの低減によって電機子電流が増大し、電機子電流の増大によってマグネットトルクとリラクタンストルクとの両方が大きくなる効果の方が大きい。

【0039】

その一方で、磁力線誘導部分 37a が存在することは、弱め界磁制御を可能にする点で重要である。弱め界磁制御が可能であることにより、ロータ 32 の回転数が高い場合にも、高い出力トルクが出力可能である。

【0040】

このように、永久磁石 39、40 の埋め込み深さが浅い構造の採用により、IPM モータ 7 は、広い回転数範囲にわたって、体積あたりの出力トルクが大きい。これは、IPM モータ 7 が、小型であり、且つ、出力が大きいという要求を満足できることを意味している。このような特性を有する IPM モータ 7 は、図 1 の構成において駆動輪 9 を駆動するために使用されるのに好適である。

【0041】

以上に説明されているように、本実施の形態では、駆動インバータ 6 とモータ 7 と減速ギア 8 とを、一の駆動輪 9 に対して一つずつ用意することにより、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構が不要化されている。これにより、駆動輪 9 を駆動する駆動系のエネルギー効率が向上されている。かかる構成の採用に伴ってモータ 7 には小型且つ高出力という要求が課せられるが、この要求は、モータ 7 として永久磁石 39、40 の埋め込み深さが浅い図 3 の IPM モータを採用することによって満足させることができる。

【0042】

実施の第 2 形態：

本発明の実施の第 2 形態では、図 5 に示されているように、5 相発電機 3 の代わりに 3 相発電機 3' が使用され、5 相ダイオード整流器 4 の代わりに 3 相ダイオード整流器 4' が使用される。3 相ダイオード整流器 4' は、相数が異なる（即ち、整流アームの数が異なる）点以外、5 相ダイオード整流器 4 と同一の構成を有している。

【0043】

既述されているように、3 相ダイオード整流器 4' が出力する出力電圧 V_o の適切な調整は、バッテリー 5 の保護のために重要である。実施の第 1 形態の 5 相ダイオード整流器 4 と同様に、3 相ダイオード整流器 4' は、それ自体には出力電圧 V_o の調整機能を有しないから、出力電圧 V_o の調節の機構が別途に必要である。

【0044】

本実施の形態では、短絡スイッチ 20 の代わりに 3 相発電機 3' の電機子巻線の結線をスター結線からデルタ結線に切り替える切り替え機構が設けられる。これにより、3 相ダイオード整流器 4' から出力される出力電圧 V_o が調節される。

【0045】

図 6 は、3 相発電機 3' と、その結線を切り替える切り替え機構の構成を概略的に示している。3 相発電機 3' は、R 相端子 21r、S 相端子 21s と、T 相端子 21t と、X 端子 22x と、Y 端子 22y と、Z 端子 22z とを有している。3 相発電機 3' の 3 つの電機子巻線（いずれも図示されない）のうちの一の電機子巻線は、R 相端子 21r と X 端子 22x との間に介設され、他の一の電機子巻線は S 相端子 21s と Y 端子 22y との間に介設され、残りの一の電機子巻線は T 相端子 21t と Z 端子 22z との間に介設されている。R 相端子 21r、S 相端子 21s、及び T 相端子 21t は、それぞれ、U 相端子 23u、V 相端子 23v、及び W 相端子 23w に接続されている。3 相発電機 3' は、U 相端子 23u、V 相端子 23v、及び W 相端子 23w を介して、3 相交流電圧を 3 相ダイオード整流器 4' に供給する。

【0046】

切り替え機構は、スタースイッチ 24₁～24₃ と、デルタスイッチ 25₁～25₃ とを備えている。スタースイッチ 24₁、24₂、24₃ は、中性点 26 を、それぞれ、X 端子 22x、Y 端子 22y、及び Z 端子 22z に接続するために設けられている。デルタスイッチ 25₁ は Z 端子 22z と U 相端子 23u との間に介設され、デルタスイッチ 25₂ は X 端子 22x と V 相端子 23v との間に介設され、デルタスイッチ 25₃ は、Y 端子

22yとW相端子23wとの間に介設されている。

【0047】

本実施の形態では、スタースイッチ24₁～24₃及びデルタスイッチ25₁～25₃のターンオン及びターンオフによって、3相発電機3'が出力する3相交流電圧が調整され、これにより、3相ダイオード整流器4'の出力電圧V_oも調整される。エンジン2の回転数の上昇によるバッテリー5の過充電が防がれている。以下、スタースイッチ24₁～24₃及びデルタスイッチ25₁～25₃の動作が詳細に説明される。

【0048】

エンジン2の回転数が低いときには、スタースイッチ24₁～24₃がターンオンされ、デルタスイッチ25₁～25₃がターンオフされる。これにより、3相発電機3'の電機子巻線は、スター結線で結線される。

【0049】

エンジン2の回転数が所定の第1回転数n₁を超えると、スタースイッチ24₁～24₃がターンオフされるとともに、デルタスイッチ25₁～25₃がターンオンされる。これにより、3相発電機3'の電機子巻線は、スター結線からデルタ結線に切り替えられる。3相発電機3'の電機子巻線がデルタ結線に切り替えられることにより、U相端子23u、V相端子23v、及びW相端子23wに現れる3相交流電圧の相間電圧は、 $1/\sqrt{3}$ 倍になる。これにより、3相ダイオード整流器4'の出力電圧V_oが低下される。

【0050】

より好適には、スター結線からデルタ結線への切り替えは、以下の手順で行われる；エンジン2の回転数が低いときには、3相発電機3'の電機子巻線がスター結線で接続される。即ち、デルタスイッチ25₁～25₃がターンオンされ、スタースイッチ24₁～24₃がターンオフされる。エンジン2の回転数を制御する制御装置によってエンジン2の回転数が第1回転数n₁を超えようとするのが検知されると、エンジン2の回転数は、制御装置によって第2回転数n₃まで減少される。この結果、3相発電機3'の出力電圧は、バッテリー5の電圧より低下される。これにより、3相発電機3'からバッテリー5及び駆動用インバータ6に、3相発電機3'から電力が供給されなくなる。このときには、駆動用インバータ6にはバッテリー5のみから電力が供給され、モータ7は、バッテリー5からの電力で駆動される。続いて、3相発電機3'の電機子巻線がデルタ結線に切り替えられ、更に、制御装置により、エンジン2の回転数が、第1回転数n₁を超えて第2回転数n₂ (>n₁)まで増加される。この後、3相発電機3'は、再度、バッテリー5及び駆動用インバータ6に電力を供給する。この手順により、エンジン2の負荷が急激に変動することを避けることができる。

【0051】

一方、制御装置によってエンジン2の回転数が第2回転数n₂から減少して第1回転数n₁になろうとすることが検知されると、エンジン2の回転数は、第1回転数n₁よりも低い第4回転数n₄まで下げられる。続いて、3相発電機3'の電機子巻線がデルタ結線からスター結線に切り替えられる。即ち、スタースイッチ24₁～24₃がターンオンされるとともに、デルタスイッチ25₁～25₃がターンオフされる。この後、制御装置により、エンジン2の回転数は、第4回転数n₄から第1回転数n₁に増加される。この手順により、エンジン2の負荷が急激に変動することを避けることができる。また、スタースイッチ24₁～24₃、及びデルタスイッチ25₁～25₃が、バッテリー5、および駆動用インバータ6に電力を供給する間にターンオフされることはなくなり、これらのスイッチには、遮断電流能力が必要なくなる。これは、スイッチの小型化の点で好適である。また、スタースイッチ24₁～24₃、及びデルタスイッチ25₁～25₃が電力を遮断することがないため、これらのスイッチの高寿命化を図ることができる。

【0052】

以上に説明されているように、本実施の形態の発電系では、インバータの代わりに3相ダイオード整流器4'が使用され、これにより、エネルギー効率が向上されている。5相ダイオード整流器4'が、その出力電圧V_oの調整機能を有しないという問題は、3相発

電機 3' の電機子巻線の結線が、スター結線とデルタ結線とで切り替え可能であることによって回避されている。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】図1は、本発明による実施の第1形態のシリーズハイブリッド電気自動車を示す。

【図2】図2は、実施の第1形態のシリーズハイブリッド電気自動車の5相発電機及び5相ダイオード整流器の構成を示す回路図である。

【図3】図3は、実施の第1形態のシリーズハイブリッド電気自動車の駆動系に好適なIPMモータの構成を示す。

【図4】図4は、図3のIPMモータのロータの拡大図である。

【図5】図5は、本発明による実施の第2形態のシリーズハイブリッド電気自動車を示す。

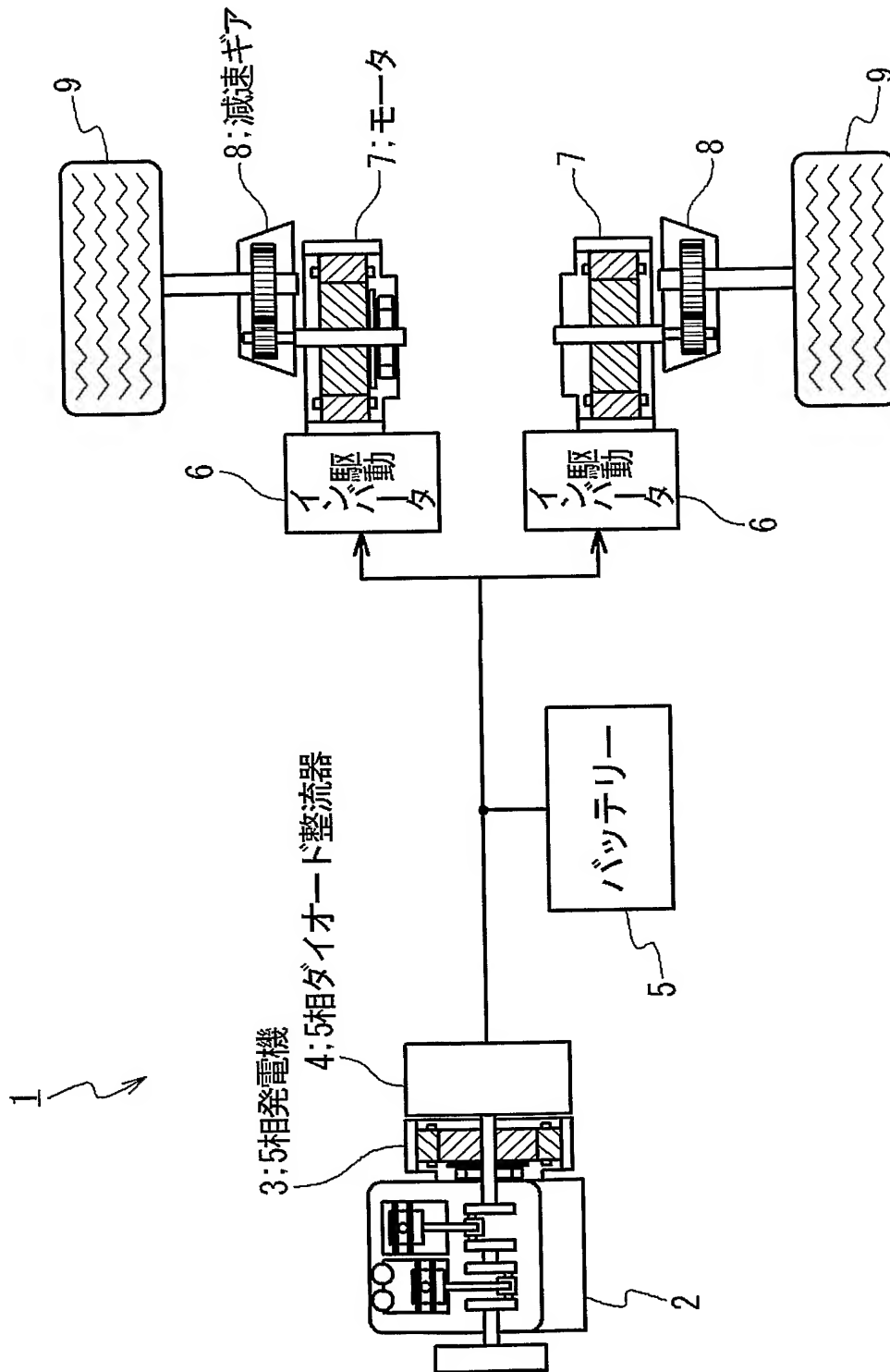
【図6】図6は、実施の第2形態のシリーズハイブリッド電気自動車の3相発電機の構成を示す図である。

【符号の説明】

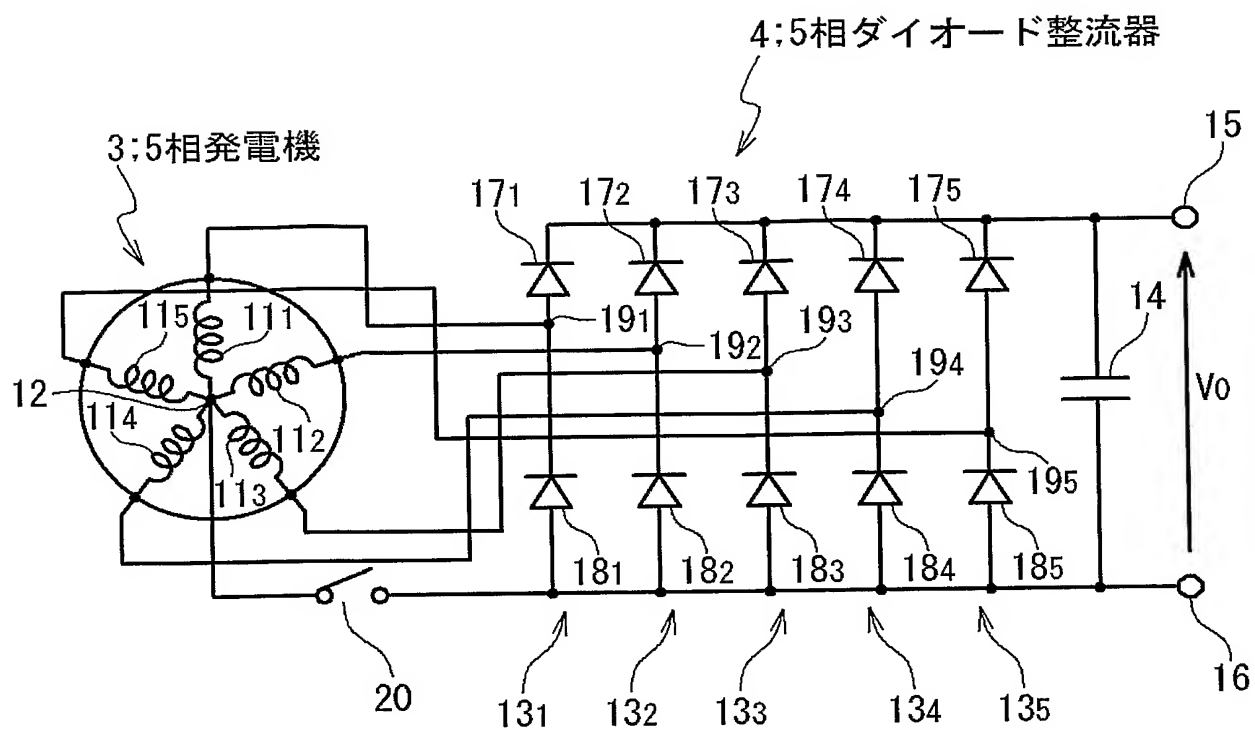
【0054】

- 1：シリーズハイブリッド電気自動車
- 2：エンジン
- 3：5相発電機
- 3'：3相発電機
- 4：5相ダイオード整流器
- 4'：3相ダイオード整流器
- 5：バッテリー
- 6：駆動インバータ
- 7：モータ
- 8：減速ギア
- 9：駆動輪
- 11：電気子巻線
- 12：中性点
- 13：整流アーム
- 14：平滑キャパシタ
- 15：正極端子
- 16：負極端子
- 17：ダイオード
- 18：ダイオード
- 19：中間ノード
- 20：短絡スイッチ
- 21r, 21s, 21t：R相端子, S相端子, T相端子
- 22x, 22y, 22z：X端子, Y端子, Z端子
- 23u, 23v, 23w：U相端子, V相端子, W相端子
- 24₁～24₃：スタースイッチ
- 25₁～25₃：デルタスイッチ
- 26：中性点

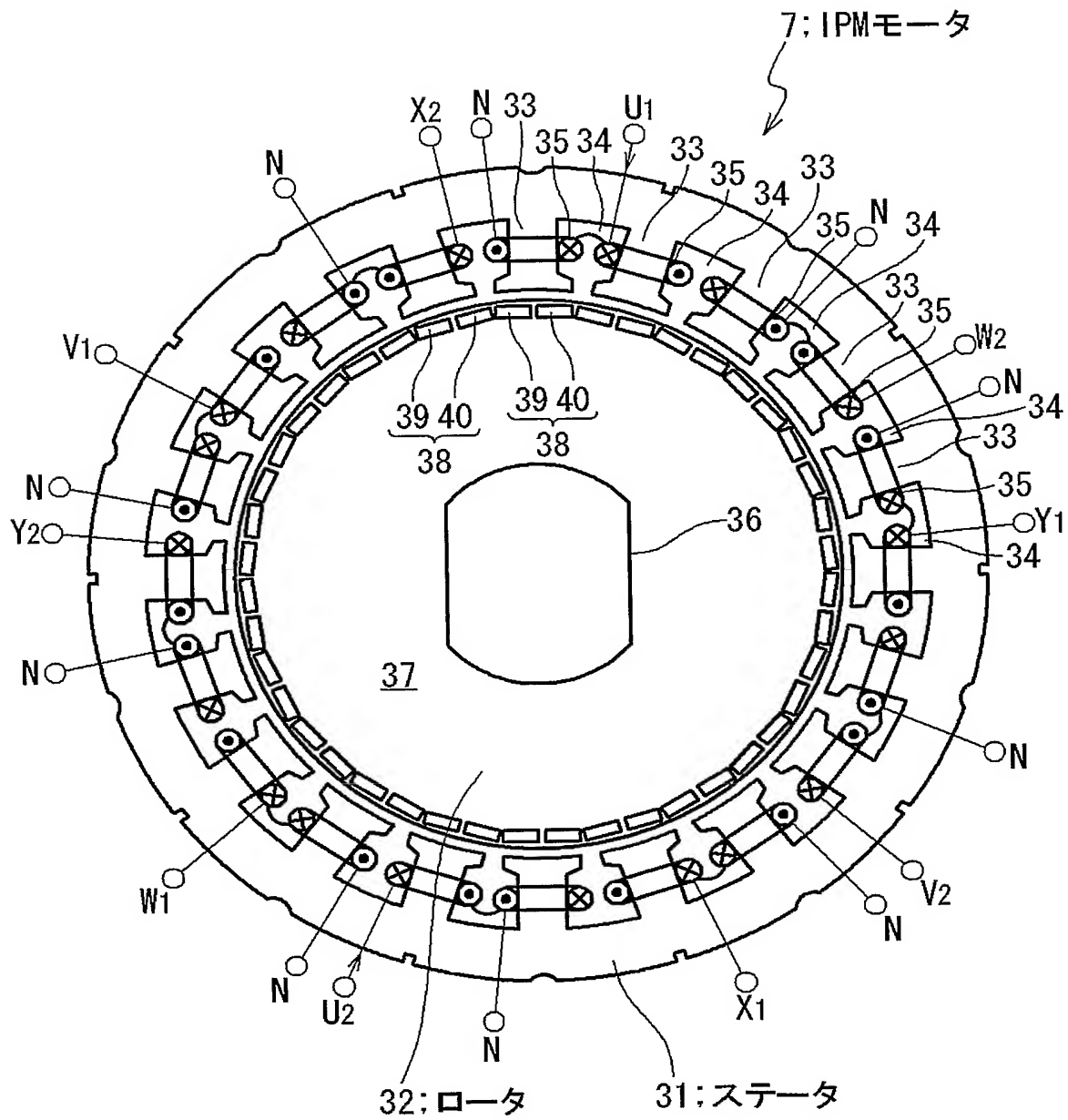
【書類名】 図面
【図 1】



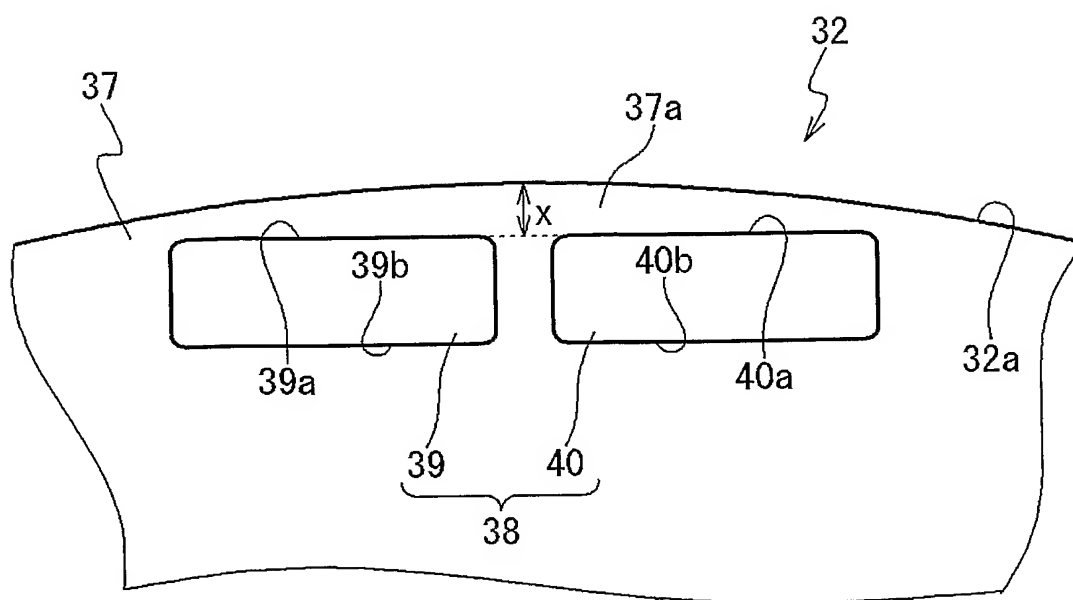
【図 2】



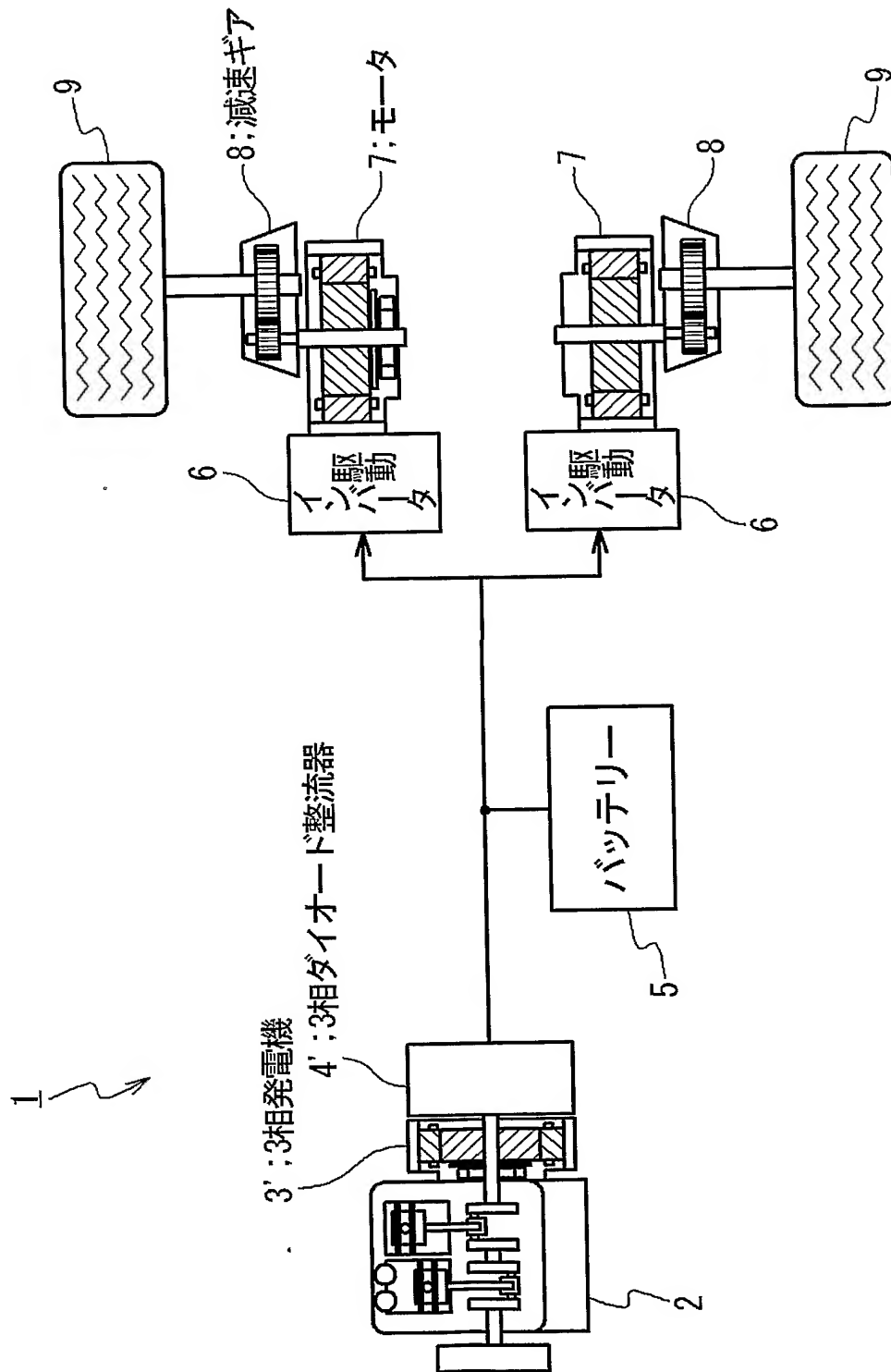
【図 3】



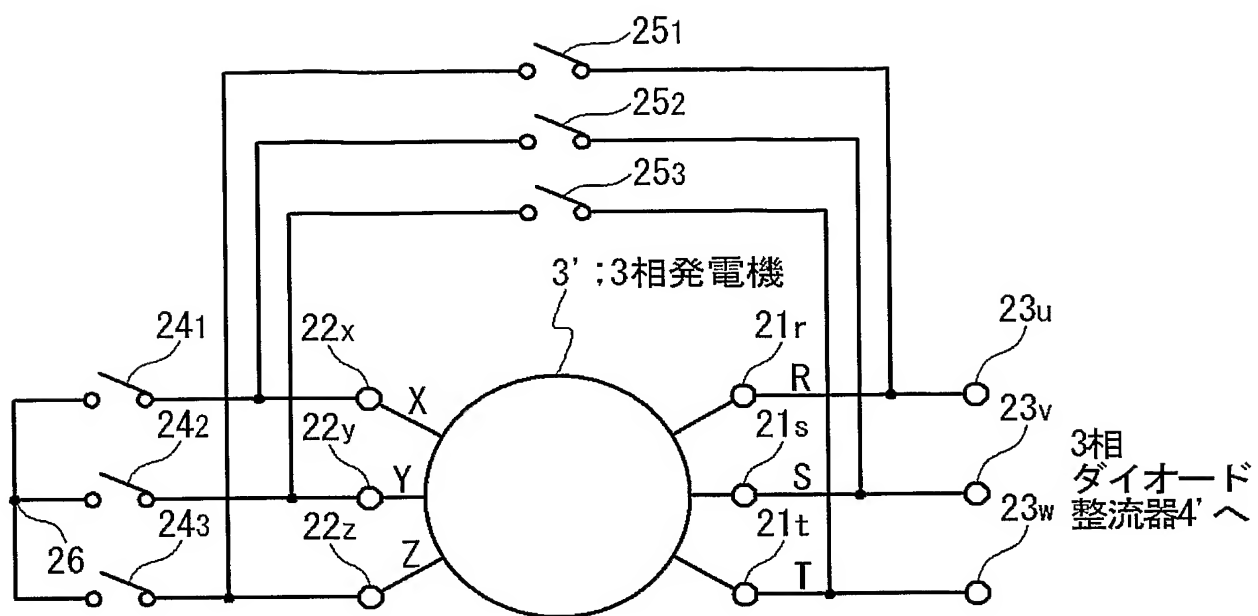
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シリーズハイブリッド電気自動車の発電系の効率を向上する。

【解決手段】 本発明のシリーズハイブリッド電気自動車（１）は、エンジン（２）と、エンジン（２）によって駆動される n 相発電機（３）と、 n 相発電機（３）から送られる n 相交流電圧から直流電圧を生成する整流器（４）と、生成された直流電圧によって充電されるバッテリー（５）と、駆動輪（９）を駆動するモータ（７）と、整流器（４）から供給される直流電圧、及び／又はバッテリー（５）から供給される直流電圧を用いてモータ（７）を駆動するインバータ（６）と、スイッチ（２０）とを含む。 n 相発電機（３）は、それらの一端が共通の中性点に接続された n 個の電機子巻線（１１）を備えている。整流器（４）は、負極端子（１６）と、負極端子（１６）よりも高い電位が発生される正極端子（１５）と、 n 本の整流アーム（１３）とを備えている。 n 本の整流アーム（１３）のそれぞれは、電機子巻線（１１）の他端に接続された中間ノード（１９）と負極端子（１６）との間に接続された第１ダイオード（１８）と、中間ノード（１９）と正極端子（１５）との間に接続された第２ダイオード（１７）とを具えている。スイッチ（２０）は、中性点（１２）と負極端子（１６）との間に接続されている。

【選択図】 図１

特願 2 0 0 4 - 0 0 6 0 4 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 2 0 8]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 5 月 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号

氏 名

三菱重工業株式会社